

Peningkatan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Penjejak Matahari Dan Pemantulan Cahaya Matahari Sebagai Sumber Daya Pendukung Perusahaan Listrik Negara PLN

(Sub Judul : Inverter Dan Transfer Switch (Make-Before-Break) Untuk Sumber Daya Pendukung Dengan PLN)

Arief Rachmad Ramadhan^{#1}, Rusminto Tjatur Widodo^{#2}, Agus Indra Gunawan^{#3}

[#]Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

aw13t_jozz@yahoo.com

Abstrak - Kebutuhan akan sumber tenaga listrik alternatif sangat dibutuhkan ketika cadangan Bahan Bakar Minyak (BBM) dunia menipis. Disamping itu kebutuhan akan tenaga listrik juga semakin meningkat. Salah satu cara untuk mengatasinya dibutuhkan sumber energi yang tidak terbatas seperti tenaga surya. Untuk memanfaatkan tenaga surya dibutuhkan solar cell atau panel surya. Hasil keluaran panel surya yaitu energi listrik, yang kemudian disimpan dalam baterai. Agar lebih efisien, energi listrik dari baterai digunakan sebagai sumber energi listrik cadangan. Sehingga penggunaan energi listrik dari PLN dapat diminimalkan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode untuk mengalihkan arus listrik dari PLN ke Inverter secara aman. Metode tersebut adalah metode peralihan tegangan yang dilakukan pada level tegangan DC. Metode ini bekerja jika tegangan utama mengalami masalah maka secara otomatis tegangan cadangan akan menggantikannya.

needed or solar panel solar cell. The output of solar panels that is electrical energy, which is then stored in batteries. To be more efficient than battery-electric energy is used as a backup source of electrical energy. So the use of electricity from PLN can be minimized. Therefore we need a method to divert the flow of electricity from PLN to the inverter is safe. That method is a method that made the transition voltage on the DC voltage level. This method works if the main voltage having problems then automatically backup voltage will replace him. Transfer of this DC voltage level, useful to protect sensitive loads against voltage drop or voltage source of disturbance during the transfer. Not only as a backup voltage source. Inverters can also be used to adjust the speed of AC motors. By varying the PWM frequency.

Keywords: Renewable Energy, Inverters, Single Phase FullBridge inverter.

Kata kunci: Renewable energy, Inverter, Single Phase FullBridge Inverter

ABSTRACT

The need for alternative sources of electric power is needed when reserves Fuel (BBM) of the world is running low. Besides the need for electric power generation also increased. One way to overcome it needed source of unlimited energy like solar power. To take advantage of solar power

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber tenaga listrik alternatif sangat dibutuhkan ketika cadangan Bahan Bakar Minyak (BBM) dunia menipis. Disamping itu kebutuhan akan tenaga listrik juga semakin meningkat. Salah satu cara untuk mengatasinya

dibutuhkan sumber energi yang tidak terbatas seperti tenaga surya.

Dari tenaga surya tersebut dikonversikan ke tegangan oleh solar sel dan kemudian disimpan di dalam storage / batrey. Agar tegangan dari solar sel bisa digunakan untuk aplikasi sehari-hari, digunakan Inverter pengubahan tegangan DC ke AC.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam makalah ini dibangun sebuah alat dimana energi listrik dari baterai digunakan sebagai sumber energi listrik cadangan. Sehingga penggunaan energi listrik dari PLN dapat diminimalkan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode untuk mengalihkan arus listrik dari PLN ke Inverter secara aman. Metode tersebut adalah metode peralihan tegangan yang dilakukan pada level tegangan DC. Metode ini bekerja jika tegangan utama mengalami masalah maka secara otomatis tegangan cadangan akan menggantikannya.

Pengalihan tegangan pada level DC ini, berguna untuk melindungi beban yang sensitif terhadap tegangan drop atau gangguan saat pengalihan sumber tegangan.

A. Perumusan Masalah

Dari uraian diatas dapat diuraikan rumusan masalah dari makalah ini adalah:

1. Konversi tegangan DC ke AC dimana sinyal keluaran berupa sinyal sinusoidal.
2. Pengalihan sumber tegangan antara Inverter dan PLN dimana delay pengalihan harus tidak ada.
3. Mengatur frekuensi inverter secara programmable.

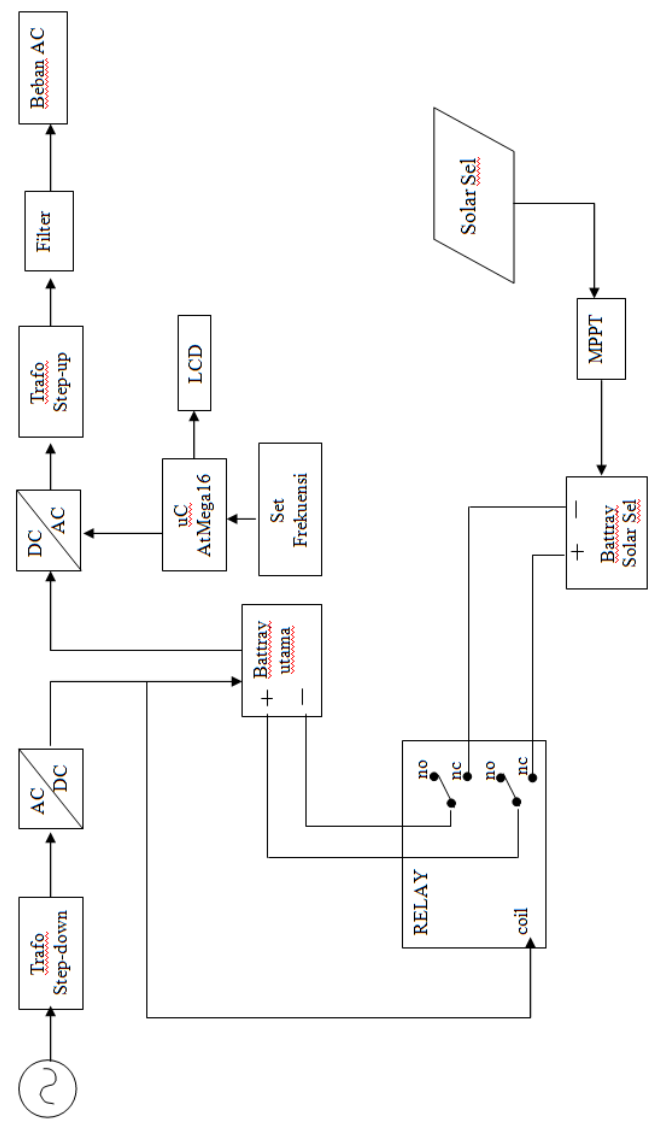
B. Batasan Masalah

Dalam alat ini, diambil batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Sumber tegangan yang digunakan yaitu tegangan DC dari PLN yang telah diturunkan menjadi 24 VDC dan tegangan DC dari baterai 2x12 VDC yang disusun seri menjadi 24 VDC.
2. Peralihan sumber tegangan dilakukan pada level tegangan DC.
3. Maksimal daya yang dibebankan di inverter tidak lebih dari 150 watt.

II. PERENCANAAN ALAT

Alat ini terdiri dari blok-blok rangkaian yang memiliki fungsi sendiri-sendiri dan terintegrasi menjadi satu untuk menjadi sebuah sistem yang lengkap. Gambar 1 berikut menunjukkan blok diagram alat secara keseluruhan.



Gambar 1. blok diagram

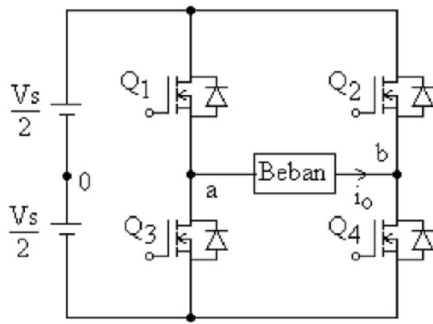
A. PERENCANAAN HARDWARE

Dari blok diagram pada gambar 1 dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. PERENCANAAN PEMBUATAN INVERTER

Single Phase Full Bridge Inverter

Rangkaian Single Phase Full Bridge Inverter terdiri dari empat buah piranti switching (MOSFET) yang bekerja secara berpasangan dan bekerja (on-off) secara bergantian. Maka membutuhkan dua buah pulsa yang bekerja on-off secara bergantian. Rangkaian dasar Single Phase Full Bridge Inverter pada Gambar 3.12. piranti yang yang digunakan untuk Single Phase Full Bridge Inverter menggunakan MOSFET tipe IRFP 460. Tegangan drain-source (V_{ds}) MOSFET IRFP memiliki batas kemampuan tegangan drain-source sampai 500 V dan arus drain ID 22 Ampere. Ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 2 Single Phase Full Bridge Inverter

Untuk menghitung tegangan keluaran V_{rms} inverter menggunakan rumus:

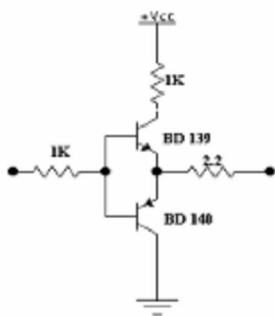
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_p^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi/2} \int_0^{\pi/2} V_p^2 t \Big|_0^{\pi/2}} = \sqrt{\frac{2}{\pi} V_p^2 \left(\frac{\pi}{5} - 0 \right)}$$

$$V_{rms} = \sqrt{V_p^2} = V_p$$

5. RANGKAIAN TOTEMPOLE DRIVE

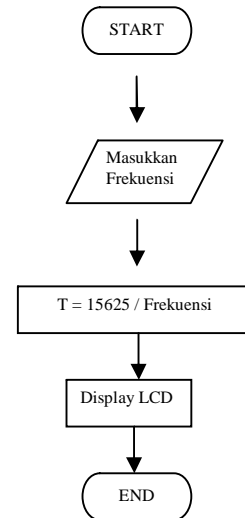
Rangkaian ini dibuat untuk dapat mengurangi atau meminimalkan *power losses* pada *switching* elektronik (*electronic switching*) pada saat mendesain suatu rangkaian elektronika daya. *Switch losses* terjadi karena terdapat perubahan dari kondisi satu ke kondisi (*low*) yang lain (*high*) secara cepat. *Drive circuit* MOSFET harus dapat dengan cepat memberikan arus dan membuang arus pada saat berada pada *switching* frekuensi tinggi. Rangkaian yang sangat cocok untuk digunakan sebagai drive circuit pada MOSFET adalah yang dinamakan “totem-pole”, yang terdiri dari transistor NPN BD 139 dan PNP BD 140. Rangkaian Totem-pole ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. Rangkaian Totem-pole Drive

B. PERENCANAAN SOFTWARE

Berikut ini adalah *flowchart* dari mikrokontroler :



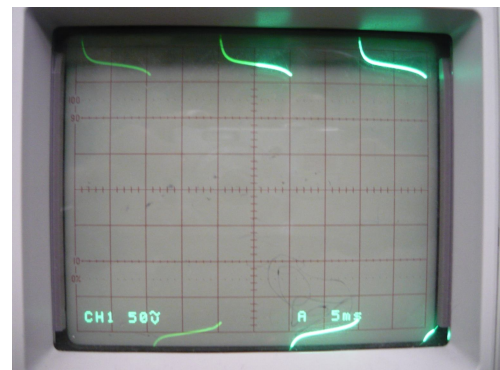
Gambar 4 Flowchart Program

Langkah awal dari program ini yaitu memasukkan frekuensi yang diinginkan. Lalu hasil penekanan keypad akan discanning. Apabila memilih beban rumah tangga, maka frekuensi harus disesuaikan dengan jala-jala PLN yaitu 50 Hz. Kemudian akan diproses dengan rumus perhitungan diatas untuk menciptakan penyulutan PWM dengan frekuensi 50 Hz. Lalu sinyal PWM disalurkan ke driver inverter melalui pin OCR1A dan OCR1B.

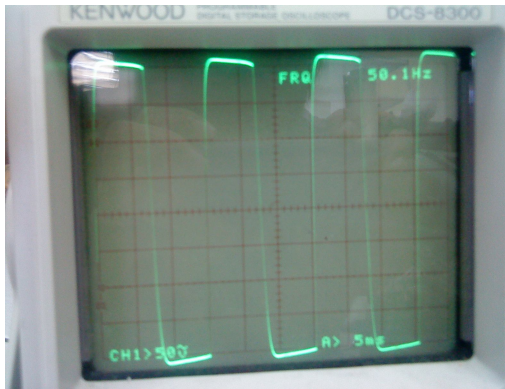
Pengaturan frekuensi untuk beban yang membutuhkan pengaturan frekuensi bisa memasukkan frekuensi yang diinginkan. Lalu nilai frekuensi yang diinginkan akan diproses dengan rumus diatas. Kemudian sinyal akan dikeluarkan di pin OCR1A dan OCR1B

Hasil pemasukkan frekuensi dengan menekan keypad akan di tampilkan di LCD.

C. PENGUJIAN DAN ANALISA



Gambar 5. Sinyal Keluaran Trafo



Gambar 6. Sinyal Keluaran Trafo setelah proses Filter

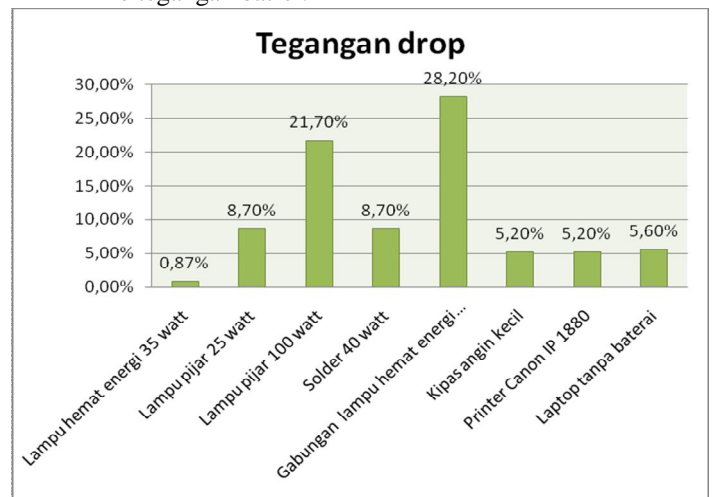
Pengujian inverter dilakukan dengan berbagai beban, resistif dan sensitif. Untuk beban resistif dilakukan pengujian dengan lampu hemat energi, lampu pijar, solder, kipas angin laptop, dan printer. Untuk beban sensitif dilakukan pengujian dengan laptop tanpa baterai.

Tabel .1 Hasil Pengujian Inverter dengan Berbagai Beban.

Beban	Vin (V)	Vo (tanpa beban)	Vo (dengan beban)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (watt)	Tegangan drop
Lampu hemat energi 35 watt	25	230 V	228 V	1,32	0,10	33	0,87 %
Lampu pijar 25 watt	25	230 V	210 V	1,70	0,11	42,5	8,7 %
Lampu pijar 100 watt	25	230 V	181 V	3,89	0,28	97,25	21,7 %
Solder 40watt	25	230 V	210 V	1,93	0,20	48,25	8,7 %
Gabungan lampu hemat energi 35 watt + lampu pijar 25 watt + lampu pijar 100 watt	25	230 V	165 V	4,95	0,46	123,75	28,2 %
Kipas angin kecil	25	230 V	218 V	1,43	0,16	35,75	5,2 %
Printer Canon IP 1880	25	230 V	218 V	1,03	0,11	72,5	5,2 %
Laptop tanpa baterai	25	230 V	217 V	2,9	0,32	25,75	5,6 %

Untuk beban sensitif pengujian dilakukan dengan cara mematikan power dari PLN. Apakah terjadi delay peralihan tegangan dari PLN ke baterai. Apabila ada delay maka laptop akan restart, apabila tidak ada delay laptop akan terus on.

Setelah hasil pengujian ternyata laptop tidak mengalami restart, hal ini membuktikan bahwa tidak ada delay dalam peralihan sumber tegangan dari PLN ke tegangan baterai.



Gambar.7 Grafik Tegangan Drop Saat Inverter Terbebani

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa drop tegangan terbesar terjadi bila inverter dibebani oleh gabungan lampu hemat energi 35 W dengan lampu pijar 25 W dan 100 W. Drop tegangan dari penggabungan lampu tersebut 28,20% dari 230VAC menjadi 165V.

Dari hasil diatas diketahui bahwa tegangan drop dipengaruhi oleh banyak dan besarnya beban yang membebani inverter. Semakin besar beban yang diberikan, maka tegangan drop akan semakin besar. Pemberian beban terlalu banyak juga menyebabkan MOSFET mudah panas. Hal ini dikarenakan arus yang melewati MOSFET besar. Hal ini terjadi pada saat pemberian beban lampu gabungan diantaranya lampu hemat energi 35 watt dengan lampu pijar 25 watt dan 100 watt sehingga total daya menjadi 155 watt.

Pada sistem arus bolak-balik, daya listrik tidak sesederhana pada sistem arus searah. Pada arus bolak-balik terdapat tiga jenis daya, yaitu daya semu, daya aktif, dan daya reaktif, secara matematis

$$S = P + Q$$

Dimana daya semu(S) merupakan hasil penjumlahan daya aktif (P) dengan daya reaktif (Q) secara vektoris.

Daya semu merupakan hasil perkalian langsung antara tegangan kerja (Vo tanpa beban) dengan Arus konsumsi peralatan listrik yang terpasang (Iout).

$$S = Vo(\text{sebelum dibebani}) * Iout$$

Daya reaktif (Q) pada setiap beban hampir keseluruhan kecil, kecuali pada beban kipas angin kecil yaitu 11,04 VAR. Hal ini diakibatkan oleh komponen induktor pada kipas angin kecil sehingga

menimbulkan daya yang bersifat rugi-rugi. Jadi dapat diketahui bahwa dari keseluruhan pengujian, tiap beban memiliki daya reaktif (Q) yang relatif kecil, sehingga daya yang disediakan hampir diserap seluruhnya oleh beban, kecuali pada beban kipas angin kecil dimana terdapat rugi-rugi yang cukup signifikan pada komponen induktor.

Tabel.2 Hasil Pengukuran Cos ϕ , Perhitungan Daya Semu (S), Perhitungan Daya Aktif (P), dan Daya Reaktif (Q)

Beban	Cos ϕ	Vo (tanpa beban)	Iout (A)	S (VA)	P (Watt)	Q (VAR)
Lampu hemat energi 35 watt	0,990	230 V	0,10	23	22,77	0,23
Lampu pijar 25 watt	0,998	230 V	0,11	25,3	25,24	0,06
Lampu pijar 100 watt	0,995	230 V	0,28	64,4	64,07	0,33
Solder 40 watt	0,990	230 V	0,20	46	45,54	0,46
Gabungan lampu hemat energi 35 watt + lampu pijar 25 watt + lampu pijar 100 watt	0,992	230 V	0,46	105,8	104,95	0,85
Kipas angin kecil	0,700	230 V	0,16	36,8	25,76	11,04
Printer Canon IP 1880	0,960	230 V	0,11	24,3	25,3	1,0
Laptop tanpa baterai	0,950	230 V	0,32	73,6	69,92	3,68

Untuk mengetahui waktu daya tahan inverter dilakukan tes ketahanan inverter dengan cara membiarkan beban on sampai beban off. Secara teoritis waktu daya tahan inverter juga dapat dihitung dengan persamaan.

$$\text{Waktu Daya Tahan} = \frac{\text{Kapasitas arus baterai (Ah)} \times 60}{\text{Arus Input (Iin)}}$$

Untuk pengujian daya tahan baterai untuk mensuplai beban digunakan baterai 12V 7,2 Ah yang disusun secara seri sehingga tegangan menjadi 24V dengan arus tetap yaitu 7,2 Ah.

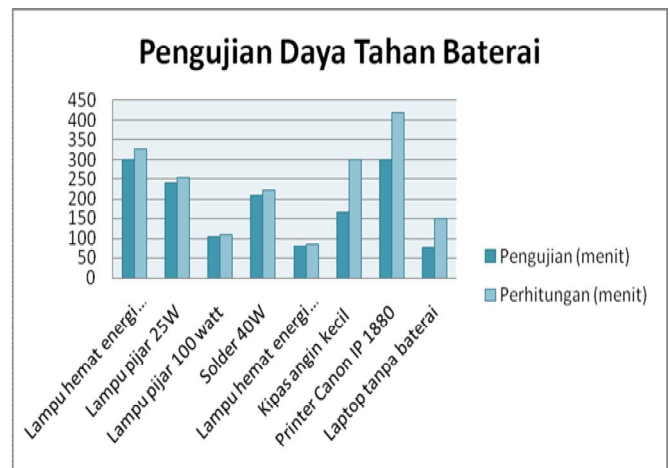
Perhitungan prosentasi error dapat dicari melalui persamaan:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{pengujian} - \text{teoritis})}{\text{teoritis}} \times 100\%$$

Tabel 3. Hasil Pengujian Daya Tahan Baterai Untuk Mensuplai Beban

Beban	Pengujian (menit)	Perhitungan (menit)	% error
Lampu hemat energi 35W	300	327	8,25 %
Lampu	240	254	5,5 %

pijar 25W			
Lampu pijar 100 watt	105	111	5,4 %
Solder 40W	210	223	5,8 %
Lampu hemat energi 35W + lampu pijar 25W + lampu pijar 100W	80	87	8 %
Kipas angin kecil	165	302	45,3 %
Printer Canon IP 1880	300	419	28,4 %
Laptop tanpa baterai	75	149	49,6 %



Gambar.8 Grafik Daya Tahan Baterai Dengan Berbagai Beban

Untuk lama waktu ketahanan baterai untuk mensuplai beban dapat diambil rata-rata dari tabel 4.2 bahwa inverter dapat bertahan selama 184 menit atau sekitar 3 jam.

Effisiensi (η) inverter dapat diketahui dari perbandingan antara daya output inverter dengan daya input inverter. Effisiensi (η) inverteer dapat dicari dengan persamaan:

$$\text{Effisiensi } (\eta) = \frac{\text{Pout (watt)}}{\text{Pin (watt)}} \times 100\%$$

Tabel 4. Efisiensi (η) Inverter saat Dibebani Berbagai Macam beban.

Beban	Pin (watt)	Pout (watt)	Effisiensi (η)
Lampu hemat energi 35W	33	22,7	68,78%
Lampu pijar 25W	42,5	25,24	59,38%
Lampu pijar 100 watt	97,25	64,07	65,88%
Solder 25 – 150 W	48,25	45,54	94,38%
Lampu hemat energi 35W + lampu pijar 25W + lampu pijar 100W	123,75	104,95	84,80%
Kipas angin kecil	35,75	25,76	72,05%
Printer Canon IP 1880	25,75	24,3	94,37%
Laptop tanpa baterai	72,5	69,92	96,44%

Data tabel 4.4 merupakan hasil dari percobaan efisiensi (η) inverter dengan berbagai macam beban. Dapat dilihat bahwa efisiensi terbaik didapatkan dengan membebani inverter dengan laptop tanpa baterai sebesar 96,44%. Untuk hasil terburuk didapatkan dengan membebani inverter dengan lampu pijar 25 watt sebesar 59,38%.

Efisiensi inverter tidak bisa 100%, hanya bisa mendekati saja. Hal ini disebabkan bahwa terdapat rugi-rugi pada komponen dan bagian-bagian yang dilewati arus listrik. Energi yang hilang tersebut berubah menjadi energi panas. Sehingga efisiensi (η) inverter hanya bisa mendekati 100%.

Dari total prosentase efisiensi (η) inverter setiap pembebanan, dapat dicari nilai rata-rata efisiensi (η). Dari total keseluruhan pengujian efisiensi tiap beban, dapat diketahui bahwa efisiensi inverter sebesar 79,51%.

D. KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian didapatkan sinyal keluaran *inverter* kurang sesuai dengan apa yang diharapkan karena sinyal keluaran belum murni sinusoidal.
2. Dari hasil pengujian, *inverter* tidak mengalami delay saat peralihan tegangan dari sumber yang digunakan, sehingga *inverter* aman digunakan untuk beban sensitif.
3. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menyatakan bahwa beban tidak boleh lebih dari 150 watt karena MOSFET akan cepat panas.
4. Dari pengujian dan perhitungan *inverter* dengan berbagai macam beban didapatkan nilai rata-rata efisiensi (η) *inverter* sebesar 79,51%.
5. Dari hasil pengujian alat ternyata daya keluaran inverter tidak sesuai dengan apa yang telah direncanakan sebesar 240 watt, daya keluaran inverter hanya mampu menahan beban tidak lebih 150 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Rashid, Muhammad H., “*Power Electronic Circuit, Devices, and Applications*,” Second Edition, Prentice-Hall International, Inc, 1993.
- 2) Richard Barnett, O’Cull Larry, Sarah Cox, “*Embeeded C Programming and the Atmel*” Thomson Delmar Learning, New York, 2003.
- 3) Prastilastiarso, Joke, “*Elektronika Daya 2*,” materi kuliah, 2004.
- 4) Sutanto Jusmin, dkk. “*PV Inverter yang Murah dan Memenuhi IEEE Std. 519-1992 untuk Aplikasi Interkoneksi*”. Industrial Electronics Seminar, 2004.
- 5) Lazar Irwin “*Electrical System Analysis and Design for Industrial Plants*,” McGraw Hill, Inc., New York, 1980.
- 6) Mazur Glen A, “*Power Quality Measurment Troubleshooting*,” United States Of America, American Technical Publisher, 1998.
- 7) <http://id.wikipedia.org/wiki/MOSFET>. diakses tanggal 25-01-10
- 8) http://dewey.petra.ac.id/dts_res_detail.php?knokat=4699. Diakses tanggal 17-07-09.
- 9) www.atmel.com / AT mega 16. diakses tanggal 23-12-09.